

学校编码: 10384

学 号: 17920101150907



分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

UDC\_\_\_\_\_

廈門大學

碩 士 學 位 論 文

廈門 D 燃气电厂运作成本优化研究

A Study on Optimizing Operations Cost of Xiamen D  
Power Plant

王 文 龙

指导教师姓名: 吴 翀 副 教 授

专 业 名 称: 工商管理(MBA)

论文提交日期: 2013 年 4 月

论文答辩时间: 2013 年 6 月

学位授予日期: 2013 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2013 年 4 月

厦门大学博士论文摘要库

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为( )课题(组)的研究成果，获得( )课题(组)经费或实验室的资助，在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

# 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（        ） 1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于        年        月        日解密，解密后适用上述授权。

（        ） 2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打√。或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年        月        日

## 摘 要

电力行业是国民经济的基础行业，是我国经济发展的命脉，电力行业的健康和可持续发展对国民经济的发展起着至关重要的作用。但随着电力体制改革的不断深化和“厂网分开，竞价上网”市场机制的形成，火电企业的经营压力越来越大，一方面，上网电价受发改委管控，发电量由电网统一调控，另一方面，燃料价格却趋于市场化。从内部挖潜，通过各种方式降低生产成本，提高核心竞争力，已是当前各个电厂的首选。论文正是在这种背景下，对燃气电厂如何进行运作成本优化、提高公司效益进行研究。首先，综述了我国电力行业和燃气机组的发展情况，介绍了当前我国电力行业面临的经营困境，讨论了火电企业成本控制的必要性及研究此课题的重要意义。并探讨了成本控制的基本理论和相关成本控制的战略途径，以及 PDCA 循环、价值工程对持续成本控制的作用。其次，以厦门 D 燃气电厂为例，分析了燃气电厂生产发电的过程，以及厦门 D 燃气电厂在投产后面临的种种经营问题。并重点对补水率和厂用电率两个运营指标进行了分析，将影响补水率和厂用电率的各种因素进行系统汇总，同时与其他燃气电厂进行横向对比，归纳了厦门 D 燃气电厂补水率和厂用电率指标恶化的具体原因。最后，基于厦门 D 燃气电厂补水率和厂用电率综合分析，针对性的提出了解决问题的方案，并对后期具体实施细节进行了总结和介绍。对厦门 D 燃气电厂运作成本优化后的运营数据进行分析，验证了通过运作成本优化实现节能增效的理论研究是切实可行的。论文的研究成果对于我国燃气机组的规划和优化具有较强的参考和借鉴意义。

**关键词：**成本控制；厂用电率；补水率

## ABSTRACT

Electric power industry is foundation and backbone of national economy. Its healthy sustainable development plays a critical role for national economy. However, the heat-engine plants are facing more and more operation pressure due to the reform of electric power industry and more matured market competition. On one hand, the heat-engine plants have to produce electricity in accordance with National Power Grid plan, on the other hand, price of raw material is leveraged by the market. In this case, how to reduce production cost and increase competitive advantage has become a key point for power plants. The purpose of this paper is to research on optimizing operation cost and improve efficiency in the power plants. Firstly, the writer states overview of electric power industry and development of gas turbine generator unit, the theory of cost control, cost control strategy, the contribution of PDCA and value engineer to continuous cost control. Secondly, the writer makes thorough analysis on gas power plant production process and various operation problems for Xiamen D power plant. By analyzing possible factors and comparing with peer companies, the writer finds out the root cause for the poor performance of water replenishment and service power which are two important indexes for power plant. Lastly, the writers proposes a solution to improve the performance. Through the analysis on operation data before and after cost control, it's proved that its workable to enhance efficiency and save energy by optimizing operation cost, which has positive impact on planning and reorganizing gas turbine generator units.

**Key words:** Cost control; Service power rate; Water replenishment rate

# 目 录

<b>1</b>	<b>绪 论</b>	<b>1</b>
1.1	选题背景	1
1.1.1	电力行业发展现状	1
1.1.2	燃气电厂发展现状	3
1.2	选题意义	6
1.3	研究内容与方法	7
1.3.1	研究内容	7
1.3.2	研究方法	10
<b>2</b>	<b>成本控制相关理论基础</b>	<b>11</b>
2.1	成本控制基本概念	11
2.2	降低成本战略途径	12
2.3	PDCA 循环	14
2.4	价值工程	15
2.5	本章小结	16
<b>3</b>	<b>厦门 D 燃气电厂生产现状及问题分析</b>	<b>17</b>
3.1	厦门 D 燃气电厂运营现状	17
3.1.1	厦门 D 燃气电厂	17
3.1.2	厦门 D 燃气电厂生产运营概况	17
3.1.3	厦门 D 燃气电厂的生产调度	18
3.1.4	厦门 D 燃气电厂生产过程中存在的问题	19
3.2	厦门 D 燃气电厂厂用电率现状及问题分析	19
3.2.1	厦门 D 燃气电厂厂用电率概况	19
3.2.2	厦门 D 燃气电厂厂用电率数据分析	21
3.2.3	与同类型燃气电厂对比分析	27
3.2.4	与西门子机组进行对比分析	30
3.2.5	厦门 D 燃气电厂厂用电率综合分析	33

3.3	厦门 D 燃气电厂补水率现状及问题分析	35
3.3.1	补水率现状	35
3.3.2	厦门 D 燃气电厂补水率数据分析	36
3.3.3	与西门子燃气电厂机组比较分析	39
3.3.4	与同类型机组比较分析	43
3.3.5	厦门 D 燃气电厂补水率综合分析	44
3.4	本章小结	45
4	厦门 D 燃气电厂运作成本优化的方案设计与实施	46
4.1	厦门 D 燃气电厂运作成本优化方案	46
4.1.1	厂用电率改善方案	46
4.1.2	补水率改善方案	49
4.2	厦门 D 燃气电厂运作成本优化实施	51
4.2.1	厂用电率改善方案实施	51
4.2.2	补水率改善方案实施	54
4.3	本章小结	55
5	厦门 D 燃气电厂运作成本优化效果分析	56
5.1	运营指标分析	56
5.2	进一步改善的空间及建议	59
6	结论与展望	61
6.1	结论	61
6.2	展望	62
	参考文献	63
	致 谢	64



# Contents

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>1</b>
1.1	Research background	1
1.1.1	Overview of electric power industry	1
1.1.2	Gas power plants development	3
1.2	Motivation of research	6
1.3	Contents and methodology of research	7
1.3.1	Research contents	7
1.3.2	Research method	9
<b>2</b>	<b>Theories of cost control</b>	<b>11</b>
2.1	Concept of cost control	11
2.2	Strategic way of reducing cost	12
2.3	PDCA	14
2.4	Value engineering	15
2.5	Brief summary	16
<b>3</b>	<b>Situation and current problem analysis of Xiamen D gas power plant</b>	<b>17</b>
3.1	Operation status of Xiamen D gas power plant	17
3.1.1	Introduction of Xiamen D gas power plant	17
3.1.2	Operation of Xiamen D gas power plant	17
3.1.3	Production planning of Xiamen D gas power plant	18
3.1.4	Problems of Xiamen D gas power plant	19
3.2	Situation and problem analysis of service power rate in Xiamen D gas power plant	19
3.2.1	Service power rate overview of Xiamen D gas power plant	19
3.2.2	Data analysis of service power rate	21
3.2.3	Comparison with similar generator units	27
3.2.4	Comparison with Siemens power generator units	30
3.2.5	Analysis on service power rate of Xiamen D gas power plant	33
3.3	Situation and analysis problems on water replenishment rate of	

<b>Xiamen D gas power plant .....</b>	<b>35</b>
3.3.1 General induction of water replenishment rate .....	35
3.3.2 Data analysis of water replenishment rate .....	36
3.3.3 Comparison with Siemens gas power generator units .....	39
3.3.4 Comparison with similar generator units .....	43
3.3.5 Comprehensive analysis of water replenishment rate .....	44
<b>3.4 Brief summary .....</b>	<b>45</b>
<b>4 Redesign and implementation on operation cost optimization of</b>	
<b>Xiamen D gas power plant .....</b>	<b>46</b>
<b>4.1 Optimizing solution for operation cost of Xiamen D gas power plant</b>	<b>46</b>
4.1.1 Solution for service power rate .....	46
4.1.2 Solution for water replenishment rate .....	49
<b>4.2 Implementation on operation cost optimization of Xiamen D gas power</b>	
<b>plant.....</b>	<b>51</b>
4.2.1 Improvement proposal on service power rate .....	51
4.2.2 Improvement proposal on water replenishment rate .....	54
<b>4.3 Brief summary .....</b>	<b>55</b>
<b>5 Effect analysis on new solution of Xiamen D gas power plant...</b>	<b>56</b>
5.1 Operation performance index .....	56
5.2 Future improvement suggestion .....	59
<b>6 Conclusions and future research.....</b>	<b>61</b>
6.1 Conclusions .....	61
6.2 Future research .....	62
<b>References .....</b>	<b>63</b>
<b>Acknowledgements.....</b>	<b>64</b>

## 1 绪 论

### 1.1 选题背景

2002 年以后随着电力体制改革逐步深入, 厂网分开、竞价上网的逐步推行, 发电企业之间的竞争加剧, 火电厂要生存、要发展, 就必须以最低的发电成本发出最高品质的电能, 满足市场需求并获取最大的经济效益。国家对电力行业环保的要求也越来越高, 脱硫、脱硝, 节能减排, 还要面对燃料成本的不断上升, 火电厂的成本压力越来越大, 2010 年发电企业亏损面为 25.71%, 其中火电企业亏损达 43.18%<sup>[1]</sup>, 以五大电力集团为首的发电企业 2010 年和 2011 年因为受煤炭价格上涨、经济低迷影响, 火电业务持续亏损 (详见附表)。火电厂如何切实有效地控制和降低发电成本, 便成为当前形势下企业生存与发展的关键问题。

表 1-1: 五大电力集团 2010 和 2011 年火电业务利润表 单位: 亿元

年度	华能	大唐	华电	国电	中电投
2010	-15	-28	-34	-16	-31
2011	-60	-74	-46	-59	-73

数据来源: 电力年鉴编辑委员会:《2012 中国电力年鉴》, 中国电力出版社, 2012 年 12 月

天然气作为国家大力提倡的清洁能源, 近几年受政策扶持, 上马项目增多, 燃气电厂迅猛发展, 截止到 2011 年底, 全国燃气机组装机容量达到 3415 万 kW, 在十二五规划上, 到 2015 年和 2020 年, 燃气机组装机容量规划为 4000 万 kW 和 5000 万 kW<sup>[2]</sup>。燃气电厂在快速发展的同时, 也面临着火电厂同样的问题, 上网电价受发改委管控, 上网电量由电网统一调控, 而燃料价格却趋于市场化, 电厂的利润空间本已相当狭小, 还要受到近几年国内国际经济低靡的影响, 在全国装机容量大幅上升的情况下, 社会用电量增长不大, 严重影响电厂的发电负荷。从内部挖潜, 通过各种方式降低生产成本, 提高核心竞争力, 已是当前各个电厂的首选。

#### 1.1.1 电力行业发展现状

电力行业是整个国民经济的基础和命脉, 在新中国建立以来, 经过 60 多年

的努力，特别是改革开放以来 30 多年的快速发展，我国电力行业取得了长足的进步。截至 2011 年底，全国全口径发电装机容量 10.63 亿 kW，比 2010 年增长 9.95%，发电装机规模居世界第二，逼近美国。在发电装机容量快速增长的同时，发电装机结构不断优化，清洁能源比重上升，火电装机增长趋缓。2011 年底，水电、核电、风电、太阳能等清洁能源比重达到 27.70%，比 2010 年提高 1.13 个百分点。火电设备容量占全国发电设备容量的比重为 72.30%，比 2010 年降低 1.12 个百分点；火电机组中天然气、煤矸石、生物质、垃圾、余热余压等发电装机所占比重进一步提高，2011 年底已达到 8.31%，比 2010 年提高 1.45 个百分点。<sup>[2]</sup>

“十一五”期间我国装机累计增长 86%，年均增速超过 13.22%，从 2005 年末的 5.2 亿 kW 发展到 2010 年的 9.6 亿 kW，年新增装机超过 9000 万 kW，其中 2006、2007 年新投产装机均超过 1 亿 kW，与“十五”末比较、“十一五”装机规模接近翻番。“十一五”期间，我国全社会用电量从 2005 年的 2.48 万亿 kWh 增长到 2010 年的 4.19 万亿 kWh，年均增长 11%。人均年用电量从 2005 年的 1632kWh，提升到 2009 年的 2742kWh<sup>[1]</sup>。“十二五”期间，我国装机容量继续快速上升，2011 年底我国装机容量达到 10.63 亿 kW，预计 2012 年装机容量达到 11.4 亿 kW 左右，社会用电量继续增长，2011 年全国社会用电量 4.69 万亿 kWh，2012 年全年社会用电量 4.96 亿 kWh<sup>[2]</sup>。

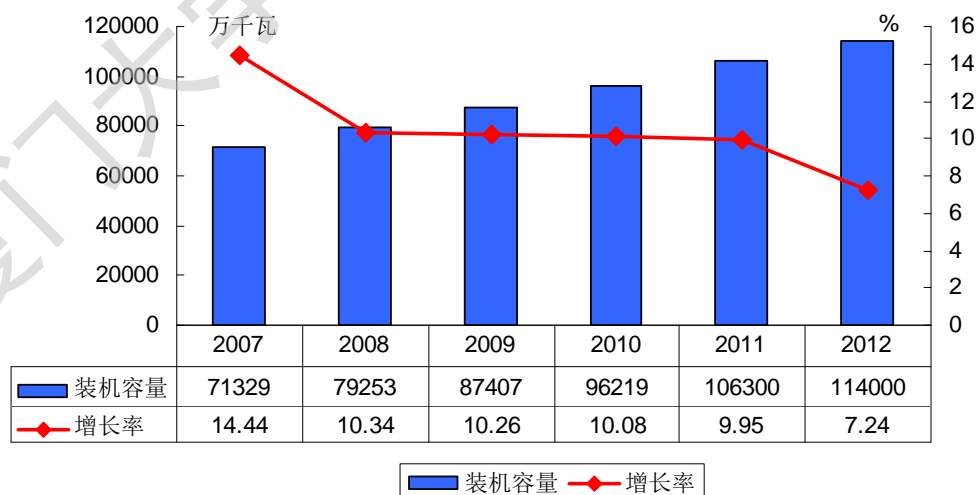


图 1-1 2007-2012 年发电装机容量情况

资料来源：全球分析网能源课题组整理

电力企业在快速发展的同时，也面临着很大的经营风险。2011 年，全国共有规模以上电力企业 4376 家，企业资产总额为 7.85 万亿元，但企业利润总额仅为 1433 亿元，销售利润率为 3.33%，其中利润的一大部分为电网企业贡献，发电企业的利润微薄。2011 年，全国电力企业亏损 1117 家，多为发电企业，亏损面达 25.53%，经营形式十分严峻。面对通胀压力、货币政策紧缩及电价机制没有理顺、电煤价格上涨等困难，发电企业通过健全内部控制机制，提升管理水平，严防经营风险等，才在一定程度上缓解了企业经营困难。<sup>[2]</sup>

### 1.1.2 燃气电厂发展现状

#### (1) 我国燃气电厂发展概况

众所周知，天然气是优质清洁的一次能源，以天然气为燃料的燃气-蒸汽联合循环机组，可以实现节约能源、改善环境、提高供热质量、增加电力供应等综合效益，是治理大气污染和提高能源综合利用率的必要手段之一，符合国家可持续、科学发展战略。“十一五”期间，在国家“以市场换技术”的方针下，燃气发电技术快速飞跃发展，随着“西气东输”一期等天然气管道的建成，广东大鹏、福建莆田等 LNG 进口气站的投产，燃气-蒸汽联合循环发电机组以其高效、洁净、启动迅捷、调峰能力强的优点在全国快速发展<sup>[3]</sup>。截至 2011 年底，全国燃机装机容量超过 3415 万 kW。

但我国天然气资源有限。天然气探明储量 2.46 万亿  $\text{m}^3$  (2008 年数据)，主要分布在塔里木、四川、鄂尔多斯、柴达木、松辽、东海、琼东南、莺歌海和渤海湾九大盆地，其中塔里木、四川、鄂尔多斯三大盆地天然气资源丰富，超过总资源量的 50%。天然气是清洁的化石能源，未来主要依靠进口增加供应，同时天然气价格较高<sup>[4]</sup>，发电成本远高于水电、核电和燃煤发电。综合分析，天然气应主要满足民用、交通、工业用气等城乡居民生活和非电行业的快速增长的需要，可供发电用气量较为有限。天然气发电机组运行灵活，启动快且启停方便，在电网中主要承担调峰任务。<sup>[1]</sup>

#### (2) 燃气电厂发展优势

天然气 (包括煤层气等) 发电要实行大中小相结合；结合引进国外管道天然气和液化天然气在受端地区规划建设大型燃气机组，主要解决核电、风电、水电季节性电能对电网的调峰压力。在气源地规划建设燃气机组解决当地用电问题<sup>[1]</sup>。

燃气-蒸汽联合循环发电机组有着较多的优点：

第一，电厂的整体循环效率高

常规电厂由于其循环和设备的限制，纯发电的热效率已经很难有突破性的提高，一般在 40%左右。尽管采用超临界和超超临界参数，可提高一定效率，但是上升空间已经非常有限。而联合循环的效率普遍在 50%以上，目前通常采用的 F 级燃气轮机，纯发电的联合循环效率为 58%~60%。

第二，环境污染小

联合循环电厂因为使用天然气为燃料，不产生灰渣、粉尘，排烟中不完全燃烧产物少，NOX 排放低，约为 0.0015%，SO<sub>2</sub> 排放量接近于零，CO<sub>2</sub> 排放低于燃煤发电 50%以上<sup>[5]</sup>。常规电厂则需要电除尘、脱硫、脱硝等装置才能控制这些污染物。

第三，调峰能力好，启停快捷

大型燃机可在不到 1 小时的时间内达到满负荷，而常规电厂中，仅锅炉的启动时间就远远大于 1 小时。目前我国上马的火电、核电等机组动辄 60 万千瓦、100 万千瓦，对电网负荷变化应变不够灵敏，风电、水电等受环境、气候的影响比较大，垃圾发电、生物质能发电装机容量小，电网需要能够快捷启动的燃气机组来满足调峰要求，平衡电网的高峰、低谷需求。

第四，同等条件下，单位投资低

因为没有煤炭输送、制粉、送风、除灰系统，除盐水和循环水用量低，体积小，占地省，厂房简单，所以同等条件下，联合循环的投资要低于常规燃煤电厂。如 2 套 F 级联合循环的单位造价一般在 3500 元/kW 左右，而 2 台 300MW 燃煤机组在 5000 元/kW 左右，若考虑脱硫脱硝则更高。

第五，其他优点还有建设周期短、运行人员少、厂用电率低等。目前我国火电机组建设期基本都要超过一年，燃气电厂条件具备，一年内就可以建设投产，2 台 390MW 机组运营维护人员可以控制在一百人以内，而火电同类型机组要在三百人左右。目前火电的厂用电率在 6%-7%之间，而燃气电厂的厂用电率在 2%-3%之间，控制好的可以低于 2%。<sup>[6]</sup>

(3) 燃气电厂发展面临的竞争

根据波特提出企业的五种竞争力量模型分析，我们可以看出火力发电企业面临的来自供应商、购买方、产业竞争对手，潜在竞争对手，新替代品的挑战<sup>[7]</sup>。

基于波特五力模型的燃气电厂的竞争力分析：

a) 燃气电厂在与购买方的竞争中处于劣势地位

电力产品的购买者可以分为一级购买者电网公司、二级购买者工业企业与居民。燃气电厂面对的购买者就是电网公司。电力工业实施“厂网分开”，电价由国家发改委统一商定，电价市场化程度不高，受市场素影响小。形成了“计划电价、市场气价”的局面，但燃气电厂相对与煤电略为好过的是气价为长期的协议价格，相对与煤价的市场波动，天然气价格比较稳定<sup>[8]</sup>。

b) 燃气电厂在与供应商的竞争中处于劣势地位

燃气电厂的议价能力很大一部分取决于以下四个方面：

第一，原料即天然气价格上涨。对于天然气发电企业，天然气是最基本的生产原料，天然气成本费用占发电成本的 60%-70%<sup>[9]</sup>。由于燃气电厂气源是管道运输，供应商单一，无法采用多家供应以降低风险。近年来，随着国内通货膨胀、国际原油等能源价格的持续上涨，国内煤炭等原料价格大幅上涨，国内燃气电厂与原料供应商多是签订的长期供应合同，但在原油等同类产品价格持续上升的情况下，价格也会按照合同规定上调价格。因此，这是增加燃气电厂发电成本的最重要因素。

第二，设备供应商，国内燃气电厂选用的大型燃机主要是德国西门子、日本三菱和美国 GE。目前国内燃机方面技术薄弱，国产化程度较低，国内主要实行以市场换技术的方针，引进燃机的价格较高，议价能力较弱。汽机、锅炉及辅助设备国内的设备制造水平较高，燃气电厂可选择的厂家较多，议价能力较强

第三，环保投入成本增加。电力行业是能源转换的行业，把一次能源转化为清洁便利的电力二次能源。燃气电厂本身就是清洁型能源，但在国家更加严格要求环保和节能减排的背景下，会对企业清洁生产带来新的压力，也因增加环保投入而导致发电成本有所上升。

第四，燃机维修成本高。目前我国采用的燃机主要是德国西门子、日本三菱、美国 GE 三家，由于国内技术水平达不到自行维修，运行周期内的大中小修都是委托厂家维修，维修成本相当高，一台机组一个大修周期内的费用往往需要几亿，平均每年几千万的费用，如果设备有意外情况，会导致成本急剧上升。

总之，燃气发电企业在整个电力市场上的议价能力是极低的，加之国家逐步推行电力产业市场化政策，使得燃气发电厂的经济利益的提高不得不依赖于降低

## 发电成本

### c) 行业内竞争对手间的竞争

燃气电厂业内的竞争对手包括国有五大电力集团、独立的发电公司、私营发电企业，还有较多的企业自备电厂，从不同的发电方式来看除了同样采取燃气发电的电力公司外，还有煤电、水电、核电等传统的发电方式，以及目前受到国家政策大力支持的太阳能、风力发电、生物质能等可再生能源新型电力公司，这些竞争者因为采取了更加环保清洁的发电方式而获得国家政策支持，未来对燃气电厂造成的压力不容小觑。

### d) 潜在竞争者的威胁

从横向来看，电力行业潜在进入者来自于国内国外两个方向。由于关系着国民经济的命脉，电力行业本身具有较强的自然垄断性。发电设备巨大的一次性投资且存在很强的专用性，短期内很难收回投资，因此电力企业存在较大的固定成本沉淀。资金和技术的高门槛决定了私营企业和外资企业不可能轻易进入电力市场。但随着中国电力市场体制的改革，私营企业、国外企业在境内投资的各种电厂将成为电力行业的主要竞争力量。他们的加入给电力行业带来了新的生产能力，并要求取得一定的市场份额，从而使电力行业竞争加剧。

从纵向看，除燃气发电之外，还存在主要的发电方式煤炭火力发电，以及新型能源发电，其包括太阳能、风能发电、生物质能、核能、垃圾能发电等一系列的发电方式。这些新型能源发电方式，不仅是国家大力提倡使用的，而且出于可持续发展的社会要求，高耗能的电力产品将逐渐被新能源电力产品取代。

### e) 其他替代品的替代能力

燃气发电除了受到新能源发电行业的竞争外，整个电力行业同样受到其他能源供应者的威胁。例如与电力商品具有相似或类似功能商品的销售者，他们提供的煤气、天然气、石油等商品物可直接或间接地替代电力商品，从而影响整个行业的购买力，对电力行业构成了直接的威胁。<sup>[10]</sup>

## 1.2 选题意义

发电企业的自身特点决定了在利润增长时的选择单一。首先，发电企业产品单一，质量一致，只生产一种产品—电能。同时，电力不能储存，决定了发电企业产、供、销同时完成，必须保持发、供电之间的平衡。因此，作为发电企业，



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库